

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
16. Oktober 2003 (16.10.2003)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
WO 03/085249 A1(51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: F02D 41/40,  
41/22

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE03/00986

(22) Internationales Anmeldedatum:  
26. März 2003 (26.03.2003)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
102 15 407.4 8. April 2002 (08.04.2002) DE  
103 00 194.8 8. Januar 2003 (08.01.2003) DE(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von  
US): ROBERT BOSCH GMBH [DE/DE]; Postfach 30 02  
20, 70442 Stuttgart (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): PITZAL, Volker  
[DE/DE]; Uhlandstrasse 21, 73550 Waldstetten/Wiss-  
goldingen (DE). EDLER VON SCHWERTFUEHRER,  
Gerit [DE/DE]; Oscar-Paret-Strasse 30, 71642 Ludwigs-  
burg (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (national): JP, US.

(84) Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT,  
BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR,  
HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR).

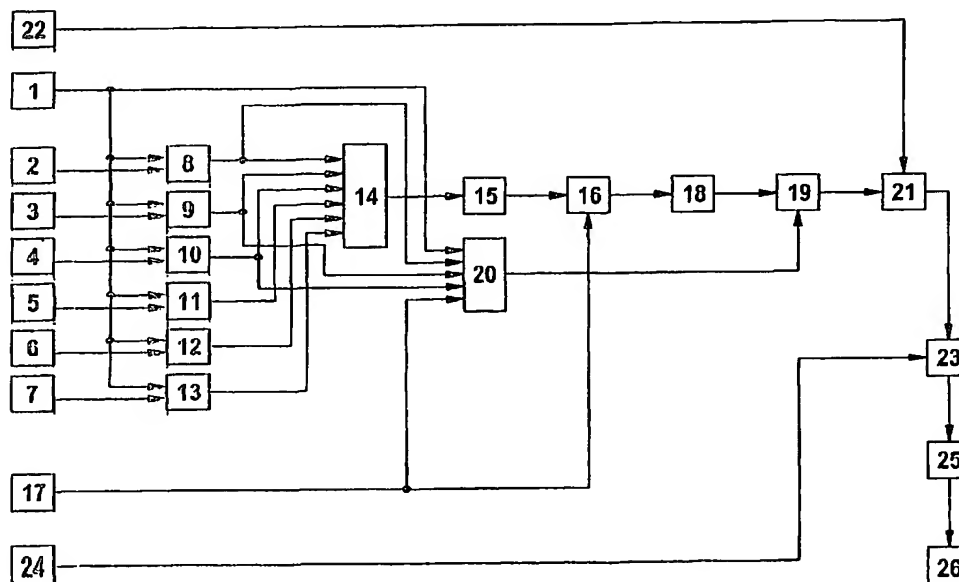
Veröffentlicht:

- mit internationalem Recherchenbericht
- vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden  
Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen  
eintreffen

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD FOR MONITORING AN INTERNAL COMBUSTION ENGINE

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUM ÜBERWACHEN EINER BRENNKRAFTMASCHINE



(57) Abstract: The invention relates to a method for monitoring an internal combustion engine, whereby the fuel is directly injected into at least one combustion chamber in at least two partial quantities by means of at least one actuator. An actual torque of the internal combustion engine is determined at least on the basis of an injected mass of fuel and/or a mass of fuel to be injected. Said actual torque is compared with a permissible torque of the internal combustion engine and an error reaction is induced when the actual torque is in a pre-determined ratio with the permissible torque. The invention also relates to a corresponding use of the method for monitoring an internal combustion engine and to a corresponding device.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



*Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.*

---

**(57) Zusammenfassung:** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Überwachen einer Brennkraftmaschine, bei der Kraftstoff in wenigstens zwei Teilmengen mittels wenigstens eines Stellelements direkt in wenigstens einen Brennraum eingespritzt wird, bei dem wenigstens auf Grundlage einer eingespritzten und/oder einer einzuspritzenden Kraftstoffmasse ein Istdrehmoment der Brennkraftmaschine bestimmt wird, wobei dieses Istdrehmoment mit einem zulässigen Drehmoment der Brennkraftmaschine verglichen wird und eine Fehlerreaktion eingeleitet wird, wenn das Istdrehmoment in einem vorgegebenen Verhältnis zum zulässigen Drehmoment steht. Die Erfindung betrifft weiterhin eine entsprechende Verwendung des Verfahrens bei der Überwachung einer Brennkraftmaschine sowie eine entsprechende Vorrichtung.

5

10 Verfahren zum Überwachen einer Brennkraftmaschine

15

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Überwachen einer Brennkraftmaschine, bei der Kraftstoff in wenigstens zwei Teilmengen mittels wenigstens eines Stellelements direkt in wenigstens einen Brennraum eingespritzt wird, bei dem wenigstens auf Grundlage einer eingespritzten und/oder einer einzuspritzenden Kraftstoffmasse ein Istdrehmoment der Brennkraftmaschine bestimmt wird, wobei dieses Istdrehmoment mit einem zulässigen Drehmoment der Brennkraftmaschine verglichen wird und eine Fehlerreaktion eingeleitet wird, wenn das Istdrehmoment in einem vorgegebenen Verhältnis zum zulässigen Drehmoment steht.

20

Die Erfindung betrifft weiterhin eine entsprechende Verwendung des Verfahrens bei der Überwachung einer Brennkraftmaschine sowie eine entsprechende Vorrichtung.

25

Moderne Brennkraftmaschinen sind mit einer Motorsteuerung ausgestattet, die in Abhängigkeit von Eingangsgrößen die Leistung und das Drehmoment der Brennkraftmaschine durch Steuerung von entsprechenden Parametern einstellt. Zur Vermeidung von Störungen, insbesondere von Störungen im elektronischen Steuergerät der Motorsteuerung, sind vielfältige Überwachungsmaßnahmen vorzusehen, die einen sicheren Betrieb der Brennkraftmaschine sowie die Verfügbarkeit der Brennkraftmaschine sicherstellen.

30

Stand der Technik

35

Die DE 199 00 740 A1 offenbart ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Betreiben einer Brennkraftmaschine, welche in bestimmten Betriebszuständen mit einem mageren

Luft/Kraftstoff-Gemisch betrieben wird. Dabei wird die einzuspritzende Kraftstoffmasse bzw. die auszugebende Einspritzzeit abhängig von einem Sollwert bestimmt. Zur Überwachung der Funktionsfähigkeit wird auf der Basis der einzuspritzenden Kraftstoffmasse bzw. der auszugebenden Einspritzzeit oder der ausgegebenen Einspritzzeit das Istdrehmoment der Brennkraftmaschine bestimmt, mit einem maximal zulässigen Moment verglichen und eine Fehlerreaktion eingeleitet, wenn das Istdrehmoment das maximal zulässige überschreitet. Die Bestimmung der einzuspritzenden Kraftstoffmasse erfolgt entsprechend der DE 199 00 740 A1 an Hand der vom Steuergerät ausgegebenen Einspritzzeit und eventueller weiterer Größen wie zum Beispiel dem Kraftstoffdruck. Die ermittelte Kraftstoffmasse wird in ein abgegebenes Motormoment umgerechnet, das unter Berücksichtigung von Wirkungsgraden, beispielsweise dem Wirkungsgrad des Einspritzzeitpunktes, korrigiert wird. Parallel dazu wird eine die Sauerstoffkonzentration im Abgas repräsentierende Größe mit wenigstens einem vorgegebenen Grenzwert verglichen und eine Fehlerreaktion eingeleitet, wenn diese den Grenzwert überschreitet.

Aus der nicht vorveröffentlichten DE 101 23 035.4 ist eine Brennkraftmaschine bekannt, bei der die Kraftstoffzumessung in wenigstens eine erste Teileinspritzung und eine zweite Teileinspritzung aufteilbar ist. Bei der zweiten Teileinspritzung wird eine Kraftstoffmengengröße, die die bei der zweiten Teileinspritzung eingespritzten Kraftstoffmenge charakterisiert, abhängig von wenigstens einer Druckgröße, die den Kraftstoffdruck charakterisiert, der Kraftstoffmengengröße und wenigstens einer weiteren Größe korrigiert.

## Aufgabe

Es ist Aufgabe der Erfindung, eine Überwachung des Drehmomentes einer Brennkraftmaschine anzugeben, bei der die Kraftstoffzumessung in wenigstens eine erste Teileinspritzung und eine zweite Teileinspritzung aufgeteilt wird.

## Lösung und Vorteile der Erfindung

Die Aufgabe wird gelöst durch ein Verfahren zum Überwachen einer Brennkraftmaschine, bei der Kraftstoff in wenigstens zwei Teileinspritzungen mittels wenigstens eines Stellelements direkt in wenigstens einen Brennraum eingespritzt wird,

bei dem wenigstens auf Grundlage einer eingespritzten und/oder einer einzuspritzenden Kraftstoffmasse ein Istdrehmoment der Brennkraftmaschine bestimmt wird, wobei dieses Istdrehmoment mit einem zulässigen Drehmoment der Brennkraftmaschine verglichen wird, wobei eine Fehlerreaktion eingeleitet wird, wenn das Istdrehmoment in einem vorgegebenen Verhältnis zum zulässigen Drehmoment steht, und wobei bei einer Bestimmung der eingespritzten und/oder der einzuspritzenden Kraftstoffmasse ein Gesamtkraftstoffvolumen der Teileinspritzungen berücksichtigt wird.

Durch diese erfindungsgemäße Maßnahme wird in besonders vorteilhafter Weise eine Drehmomentüberwachung zur Verfügung gestellt, die mehrere Teileinspritzungen berücksichtigt und in jeder Betriebssituation durchgeführt werden kann.

Vorteilhafterweise wird ein Kraftstoffvolumen einer Teileinspritzung wenigstens auf Basis einer Ansteuerdauer des betreffenden Stellelements und eines auf den Kraftstoff einwirkenden Druckes bestimmt wird. Alternativ kann anstelle oder zusätzlich zu dem Druck eine Größe berücksichtigt werden, die den Ansteuerbeginn charakterisiert. Dies kann zum Beispiel durch ein im Steuergerät der Brennkraftmaschine abgelegtes und speziell an die jeweilige Teileinspritzung appliziertes Kennfeld erfolgen. Ist das Stellelement als Injektor ausgebildet, so wird aus den Eingangsgrößen Ansteuerdauer des betreffenden Injektors und auf den Kraftstoff einwirkender Druck (bei einer Common-Rail-Brennkraftmaschine der Raildruck im Common-Rail) aus dem Kennfeld der entsprechende Kraftstoffvolumenwert entnommen. Ist das Stellelement als sogenannte Pumpe-Düse-Einheit oder als Pumpe-Leitungs-Düse ausgebildet, so wird an Stelle des Drucks der Ansteuerbeginn verwendet.

Ein Gesamtkraftstoffvolumen eines Verbrennungszyklus kann im Anschluss aus der Summe der Kraftstoffvolumen aller Teileinspritzungen ermittelt werden. Ausgehend von diesem Gesamtkraftstoffvolumen kann mittels einer bekannten Kraftstoffdichte eine Kraftstoffmasse bestimmt werden.

Eine Vorteilhafte Weiterbildung der Erfindung sieht vor, dass das bestimmte Kraftstoffvolumen einer Teileinspritzung in Abhängigkeit von einem Ansteuerbeginn des entsprechenden Injektors korrigiert wird. Diese Korrektur erfolgt vorteilhafterweise, durch einen Korrekturfaktor, der aus einem vom Ansteuerbeginn abhängigen Einspritzeffizienzkennfeld entnommen wird. Diese Weiterbildung hat den großen Vorteil,

dass der möglicherweise nicht lineare Zusammenhang zwischen Ansteuerbeginn des Injektors und erzielter Momentenwirkung berücksichtigt wird. Dies ist vor dem Hintergrund von modernen Brennkraftmaschinen mit einem Abgasnachbehandlungssystem sinnvoll, da in diesen Fällen ein veränderter Ansteuerbeginn nicht notwendigerweise einen Einfluss auf das von der Brennkraftmaschine erzeugte Drehmoment hat sondern gegebenenfalls nur zu einer Erhöhung der Abgastemperatur beiträgt.

Eine besonders vorteilhafte Weiterbildung sieht vor, dass die zuvor bestimmte Kraftstoffmasse mit einer Wellenkorrekturmasse zu einer korrigierten Kraftstoffmasse verknüpft wird. Dies kann beispielsweise durch eine Subtraktion der Wellenkorrekturmasse von der zuvor bestimmten Kraftstoffmasse erfolgen. Durch diese Korrektur werden in besonders vorteilhafter Weise Wellenerscheinungen berücksichtigt, die bei einem Hochdruckeinspritzsystem, wie zum Beispiel einem Common-Rail-System, in der Zuleitung vom Kraftstoffspeicherraum zum Injektor auftreten können und somit die während einer Ansteuerdauer des Injektors eingespritzte Kraftstoffmasse beeinflussen. Vorteilhafterweise wird die Wellenkorrekturmasse wenigstens auf Basis von Kraftstoffvolumen der Teileinspritzungen und des auf den Kraftstoff einwirkenden Druckes bestimmt.

Aus der auf diese Weise korrigierten Kraftstoffmasse wird mittels einer Drehzahl der Brennkraftmaschine ein Drehmoment der Brennkraftmaschine bestimmt. Dies erfolgt vorteilhafterweise mittels eines Kennfelds, das im Steuergerät der Brennkraftmaschine abgelegt ist. Hierbei können gegebenenfalls auch weitere Einflussparameter außer der Drehzahl der Brennkraftmaschine berücksichtigt werden. Das bestimmte Drehmoment der Brennkraftmaschine wird erfindungsgemäß mit einem Wirkungsgradkorrekturfaktor zu einem korrigierten Drehmoment der Brennkraftmaschine verknüpft. Durch diesen Wirkungsgradkorrekturfaktor werden besonders vorteilhaft Einflussgrößen wie zum Beispiel Temperatur der Brennkraftmaschine, Reibung der Brennkraftmaschine, Öltemperatur und Ölqualität berücksichtigt.

Vorteilhaft wird dann die Fehlerreaktion eingeleitet wird, wenn das Istdrehmoment größer als das zulässige Drehmoment ist.

Vorteilhaft ist weiterhin die Verwendung des erfindungsgemäßen Überwachungsverfahrens zur Überwachung einer direkteinspritzenden Dieselmotorkraftmaschine, insbesondere mit einem Common-Rail-System und/oder einer Pumpe-Düse-Einheit und/oder einer Pumpe-Leitungs-Düse.

Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen.

#### Beschreibung von Ausführungsbeispielen

Fig. 1 zeigt ein erstes Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Verfahrens,

Fig. 2 zeigt ein Detail des ersten Ausführungsbeispiels,

Fig. 3 zeigt eine mögliche Erweiterung des ersten Ausführungsbeispiels und

Fig. 4 zeigt ein zweites Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Verfahrens.

Fig. 1 zeigt ein erstes Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Verfahrens zum Überwachen einer Brennkraftmaschine. Das Ziel des in Fig. 1 beschriebenen Verfahrens ist die Bestimmung eines Motoristomentes, das mit einem zulässigen Moment verglichen wird. Bei dem Verfahren von Fig. 1, das in der Regel in einem Motorsteuergerät der Brennkraftmaschine abläuft, werden gewisse Eingangsgrößen als im Motorsteuergerät vorliegend vorausgesetzt. Diese Eingangsgrößen sind in der Fig. 1 mit den Bezugszeichen 1 bis 7, 17, 22 und 24 gekennzeichnet.

Das Ausführungsbeispiel nach Fig. 1 wird an Hand von verschiedenen Einspritzarten beschrieben, wie sie üblicherweise bei einer direkteinspritzenden Dieselmotorkraftmaschine Anwendung finden. Das erfindungsgemäße Verfahren ist jedoch nicht auf eine Dieselmotorkraftmaschine beschränkt, sondern kann prinzipiell bei jeder direkteinspritzenden Brennkraftmaschine mit mehreren verschiedenen Einspritzarten angewendet werden.

Die direkteinspritzende Dieselmotorkraftmaschine zu deren Überwachung das Verfahren nach Fig. 1 dient, ist eine sogenannte Common-Rail-Dieselmotorkraftmaschine, bei der

der Kraftstoff in einem gemeinsamen Kraftstoffverteiler, dem sogenannten Common-Rail, für Einspritzungen zur Verfügung steht. Ausgehend vom Common-Rail, in dem der Kraftstoff unter Hochdruck steht, gelangt der Kraftstoff über, in der Regel kurze, Hochdruckleitungen zu den Injektoren, die den Kraftstoff direkt in die Brennräume der Brennkraftmaschine einspritzen. Durch den im Common-Rail unter Druck zur Verfügung stehenden Kraftstoff ist es möglich verschiedene Arten von Kraftstoffeinspritzungen in ein und demselben Brennraum auszuführen. Diese verschiedenen Arten von Einspritzungen können Voreinspritzungen, Haupteinspritzungen oder Nacheinspritzungen sein.

Bei dem Verfahren nach Fig. 1 ist mit dem Bezugszeichen 1 der aktuelle Raildruck  $p$  gekennzeichnet. Mit dem Bezugszeichen 2 ist die Ansteuerdauer eines Injektors für eine Haupteinspritzung  $t_{i\_Main}$  gekennzeichnet. Diese Haupteinspritzung liefert den wesentlichen Drehmomentenbeitrag der Brennkraftmaschine. Mit dem Bezugszeichen 3 ist die Ansteuerdauer des Injektors für eine erste Piloteinspritzung  $t_{i\_Pilot1}$  gekennzeichnet. Diese erste Piloteinspritzung kann beispielsweise 10 bis 20 Grad Kurbelwellenwinkel vor der Haupteinspritzung abgesetzt werden und erzielt neben einem Drehmomentenbeitrag vor allem den Effekt, dass die Brennkraftmaschine leiser läuft. Mit dem Bezugszeichen 4 ist die Ansteuerdauer einer zweiten Voreinspritzung  $t_{i\_Pilot2}$  bezeichnet. Diese zweite Piloteinspritzung kann beispielsweise ebenfalls der Geräuschverringerung der Brennkraftmaschine dienen, kann aber auch im Zusammenhang mit der ersten Piloteinspritzung zu besseren Abgaswerten führen. Mit dem Bezugszeichen 5 ist eine dritte Voreinspritzung  $t_{i\_Pilot3}$  bezeichnet, die beispielsweise weit vor allen anderen Einspritzungen in den Brennraum abgesetzt werden kann und so zum Beispiel zu einem nennenswerten Drehmomentesanstieg beiträgt. Mit dem Bezugszeichen 6 ist die Ansteuerdauer des Injektors für eine erste Nacheinspritzung  $t_{i\_Post1}$  bezeichnet und mit dem Bezugszeichen 7 die Ansteuerdauer einer zweiten Nacheinspritzung  $t_{i\_Post2}$ . Die beiden Nacheinspritzungen dienen insbesondere der Verbesserung von Abgaswerten sowie möglicherweise dem Reinigen eines NOx-Speicherkatalysators oder eines Partikelfilters.

Der Raildruck  $p$  nach Bezugszeichen 1 sowie die Ansteuerdauer der Haupteinspritzung  $t_{i\_Main}$  nach Bezugszeichen 2 werden einem Kennfeld Main (Bezugszeichen 8) zugeführt. In Abhängigkeit der zugeführten Ansteuerdauer und des Raildruckes  $p$  ergibt sich als Ausgangswert des Kennfeldes Main (Bezugszeichen 8) ein durch die



Haupteinspritzung hervorgerufenes Kraftstoffvolumen, das einem Summierer 14  
zugeführt wird. Den Kennfeldern Pilot1 (Bezugszeichen 9), Pilot2 (Bezugszeichen 10),  
Pilot3 (Bezugszeichen 11), Post1 (Bezugszeichen 12) und Post2 (Bezugszeichen 13)  
werden ebenfalls jeweils der aktuelle Raildruck  $p$  nach Bezugszeichen 1 sowie die  
entsprechende Ansteuerdauern nach den Bezugszeichen 3 ( $t_{i\_Pilot1}$ ), 4 ( $t_{i\_Pilot2}$ ), 5  
( $t_{i\_Pilot3}$ ), 6 ( $t_{i\_Post1}$ ) und 7 ( $t_{i\_Post2}$ ) zugeführt. Als Ergebnis ergibt sich analog zum  
Kennfeld 8 jeweils ein entsprechendes Kraftstoffvolumen, das ebenfalls dem Summierer  
14 zugeführt wird. Als Ergebnis des Summierers 14 ergibt sich am Punkt 15 das gesamte  
Kraftstoffvolumen, das in einem Verbrennungszyklus über den Injektor mittels  
verschiedener Einspritzarten in den Brennraum eingebracht wurde.

Diese Kraftstoffvolumen wird einem Verknüpfungspunkt 16 zugeführt, dem weiterhin  
das Signal der Kraftstoffdichte  $\rho$  aus dem Signalblock 17 zugeführt wird. Die  
Verknüpfung, bzw. die Multiplikation, des Kraftstoffvolumens mit der Kraftstoffdichte  
 $\rho$  17 führt auf die Kraftstoffmasse 18.

Die Kraftstoffmasse 18 wird einem Subtrahierer 19 zugeführt, der als weiteres  
Eingangssignal das Ausgangssignal eines Signalblocks 20 aufweist. Innerhalb des  
Signalblocks 20 wird eine sogenannte Wellenkorrekturkraftstoffmasse bestimmt, die dazu  
dient stehende Wellen in der Hochdruckleitung zwischen dem Common-Rail und dem  
jeweiligen Injektor zu kompensieren, die entstehen wenn verschiedene Einspritzarten in  
geringem zeitlichem Abstand aufeinander ausgeführt werden. Durch den geringen  
zeitlichen Abstand aufeinanderfolgender Einspritzungen kann es passieren, dass der  
Kraftstoff in der Hochdruckleitung noch nicht wieder vollständig zur Ruhe gekommen  
ist, wenn die nächstfolgende Einspritzung ausgeführt wird. Das hierbei auftretende  
physikalische Phänomen in der Hochdruckleitung ist eine stehende Welle. Als  
Eingangsgrößen werden der Wellenkorrektur nach Block 20 der aktuelle Raildruck  $p$  aus  
Block 1, die Kraftstoffdichte  $\rho$  aus Block 17, sowie die Ausgangssignale der  
Kennfelder 8, 9 und 10 zugeführt, womit die Kraftstoffvolumen der Haupt- sowie der  
ersten und zweiten Nacheinspritzung dem Wellenkorrekturblock 20 zugeführt werden.  
Wie im Einzelnen die Wellenkorrekturkraftstoffmasse innerhalb des Blockes 20 bestimmt  
wird, wird im Rahmen der nachfolgenden Fig. 2 erläutert.

Das Ausgangssignal des Wellenkorrekturblocks 20 wird wie bereits gesagt an den  
Subtrahierer 19 übermittelt. Innerhalb des Subtrahierers wird die

Wellenkorrekturkraftstoffmasse von der zuvor bestimmten Kraftstoffmasse 18 subtrahiert. Die sich ergebende korrigierte Kraftstoffmasse wird einem Momentenkennfeld 21 zugeführt. Dem Momentenkennfeld 21 wird weiterhin die Drehzahl  $n$  der Brennkraftmaschine aus einem Block 22 zugeführt. Als Ausgangsgröße der zugeführten korrigierten Kraftstoffmasse und der Drehzahl  $n$  der Brennkraftmaschine ergibt sich ein Drehmoment der Brennkraftmaschine.

Dieses bestimmte Drehmoment der Brennkraftmaschine wird einem Verknüpfungspunkt 23 zugeführt. Dem Verknüpfungspunkt 23 wird weiterhin das Signal des Blockes 24 zugeführt. Das Signal nach Block 24 ist ein sogenannter Wirkungsgradfaktor der im Motorsteuergerät vorliegt. Dieser Wirkungsgradfaktor berücksichtigt u. a. die Temperatur der Brennkraftmaschine, die Reibung der Brennkraftmaschine, die Öltemperatur, die Ölqualität und gegebenenfalls weitere Einflussgrößen. Der Wirkungsgradfaktor 24 wird im Verknüpfungspunkt 23 mit dem zuvor bestimmten Drehmoment der Brennkraftmaschine multipliziert. Das Ergebnis der Verknüpfung 23 ist das berechnete innere Istdrehmoment der Brennkraftmaschine.

Diese Istdrehmoment 25 wird einer Vergleichsroutine 26 zugeführt, in der das zuvor bestimmte innere Istdrehmoment mit einem zulässigen inneren Drehmoment der Brennkraftmaschine verglichen wird. Wird dabei festgestellt, dass das innere Istdrehmoment größer als das zulässige Drehmoment der Brennkraftmaschine ist, wird eine entsprechende Fehlerreaktion eingeleitet. Eine solche Fehlerreaktion kann beispielsweise eine Sicherheitskraftstoffabschaltung oder eine Drehzahlbeschränkung der Brennkraftmaschine sein. Die Beschränkung der Drehzahl hat gegenüber einer möglichen Momentenbegrenzung den Vorteil, dass die Drehzahl einfacher überwacht werden kann. Weitere Reaktionen können ein Eintrag in einen Fehlerspeicher, eine Fehleranzeige zur Information des Fahrers des Kraftfahrzeugs oder ein Neustart des Steuergeräts der Brennkraftmaschine sein.

Die Bestimmung eines zulässigen Momentes ist dem Fachmann bekannt und kann beispielsweise nach dem Beobachterprinzip mittels eines redundanten Momentenpfades innerhalb des Motorsteuergeräts bestimmt werden. Eine der Einflussgrößen auf das zulässige Moment ist zum Beispiel die Fahrpedalbetätigung.

Fig. 2 zeigt in detaillierter Darstellung den bereits im Rahmen der Beschreibung von Fig. 1 gezeigten Wellenkorrekturblock 20. Wie bereits im Rahmen der Beschreibung zu Fig. 1 erläutert, werden dem Wellenkorrekturblock als Eingangsgrößen das Kraftstoffvolumen der ersten Voreinspritzung Pilot1 (Bezugszeichen 30), das Kraftstoffvolumen der zweiten Voreinspritzung Pilot2 (Bezugszeichen 31), der aktuelle Raildruck  $p$  (Bezugszeichen 32), das Kraftstoffvolumen der Haupteinspritzung Main (Bezugszeichen 33) und die Dichte  $\rho$  des verwendeten Kraftstoffs (Bezugszeichen 17) zugeführt. Aus den zugeführten Kraftstoffvolumina (30, 31 und 33) sowie der zugeführten Kraftstoffdichte  $\rho$  (17) wird im Wellenkorrekturblock zunächst innerhalb der Signalblöcke 30, 31 und 33 die jeweilige Kraftstoffmasse bestimmt, die dann als jeweiliges Ausgangssignal der Blöcke 30, 31 und 33 zur Verfügung steht. Diese jeweiligen Verknüpfungen mit der Kraftstoffdichte  $\rho$  sind in Fig. 2 nicht gezeigt, da es die alternative Möglichkeit gibt, dem Wellenkorrekturblock unmittelbar die bestimmten Kraftstoffmassen zuzuführen. Dazu müsste in der Darstellung nach Fig. 1 nach der Bestimmung der einzelnen Kraftstoffvolumen zunächst die Umrechnung auf einzelne Kraftstoffmassen erfolgen, bevor die einzelnen Kraftstoffmassen in einem Summierer (wie Block 14 in Fig. 1) zu einer Gesamtkraftstoffmasse zusammengeführt werden. In diesem Fall würden also die einzelnen Kraftstoffmassen unmittelbar als Signal vorliegen. Welche Variante letztendlich verwendet wird liegt in der Auswahl des Fachmanns, der verschiedenen Einflussgrößen, wie zum Beispiel Laufzeitwerte des Steuergeräts berücksichtigen wird.

Einem ersten Mengenkorrekturkennfeld 34 werden als Eingangsgrößen der aktuelle Raildruck 32 und die Kraftstoffmasse der Haupteinspritzung 33 zugeführt. Das Ergebnis des Mengenkorrekturkennfelds 34 ist eine erste Korrekturmenge 35. Einem zweiten Mengenkorrekturkennfeld 36 werden als Eingangsgrößen die gleichen Eingangsgrößen wie dem ersten Mengenkorrekturkennfeld 34 zugeleitet. Das Ergebnis des zweiten Mengenkorrekturkennfelds 36 ist eine zweite Korrekturmenge 37. Einem dritten Mengenkorrekturkennfeld 38 werden als Eingangsgrößen die Kraftstoffmasse der Haupteinspritzung 33 sowie die Kraftstoffmasse der ersten Voreinspritzung 30 zugeführt. Das Ergebnis des dritten Mengenkorrekturkennfelds 38 ist eine dritte Korrekturmenge 39. Die erste Korrekturmenge 35 und die zweite Korrekturmenge 37 werden einem ersten Auswahlblock 40 zugeführt. Die dritte Korrekturmenge 39 wird einem zweiten Auswahlblock 41 zugeführt. Der zweite Auswahlblock 41 weist als weiteres Eingangssignal ein Vorgabewert 42 auf, der in diesem Ausführungsbeispiel zu Null gesetzt wird. Mit anderen Worten: Der Ausgangswert des ersten Auswahlblocks 1 ist

entweder die erste Korrekturmenge 35 oder die zweite Korrekturmenge 37 und der Ausgangswert des zweiten Auswahlblocks 41 ist entweder die dritte Korrekturmenge 39 oder der Vorgabewert 42 (= 0).

5 Die Kraftstoffmasse der zweiten Voreinspritzung 31 wird einem ersten Eingang einer ersten Abfragelogik 43 zugeführt, die dann einen „High Level“ als Ausgangswert liefert, wenn der erste Eingangswert der Abfragelogik 43 größer als der zweite Eingangswert ist. Der ersten Abfragelogik 43 wird als zweiter Eingabewert ein zweiter Vorgabewert 44 zugeführt, der in diesem Ausführungsbeispiel zu Null gesetzt wird. Die erste  
10 Abfragelogik 43 funktioniert derart, dass das Ergebnis der Abfragelogik 43 einen „High Level“ aufweist, sofern der Kraftstoffmassenwert 31 vorliegt. Falls der Wert der Kraftstoffmasse 31 nicht vorliegt, ist der Ausgangswert der Abfragelogik 43 „Low Level“.

15 Die Kraftstoffmasse der ersten Voreinspritzung 30 wird einem ersten Eingang einer zweiten Abfragelogik 49 zugeführt, die dann einen „High Level“ als Ausgangswert liefert, wenn der erste Eingangswert der Abfragelogik 49 größer als der zweite Eingangswert ist. Der zweiten Abfragelogik 49 wird als zweiter Eingabewert ein vierter Vorgabewert 50 zugeführt, der in diesem Ausführungsbeispiel zu Null gesetzt wird. Die  
20 zweite Abfragelogik 49 funktioniert derart, dass das Ergebnis der Abfragelogik 49 einen „High Level“ aufweist, sofern der Kraftstoffmassenwert 30 vorliegt. Falls der Wert der Kraftstoffmasse 30 nicht vorliegt, ist der Ausgangswert der Abfragelogik 49 „Low Level“.

25 Das Ausgangssignal der ersten Abfragelogik 43 wird einem Negierer 45 zugeführt. Der Ausgangswert des Negierers 45 wird einem Schalteingang des ersten Auswahlgliedes 40 zugeführt. Die Grundstellung des ersten Auswahlgliedes 40 (bei einem „Low Level“ Signal am Schalteingang) liefert als Ausgangswert des ersten Auswahlgliedes 40 das Signal der ersten Korrekturmenge nach Block 35. Liegt hingegen ein „High Level“ am  
30 Schalteingang vor, so wird als Ausgangsgröße des ersten Auswahlblocks 40 die zweite Korrekturmenge 37 ausgegeben. Der Ausgangswert des ersten Auswahlblocks 40 wird einem Summierer 46 zugeführt.

35 Das Ausgangssignal der zweiten Abfragelogik 49 wird einem Schalteingang des zweiten Auswahlgliedes 41 zugeführt. Die Grundstellung des zweiten Auswahlgliedes 41 (bei

5 einem „Low Level“ Signal am Schalteingang) liefert als Ausgangswert des zweiten Auswahlglieds 41 das Signal des ersten Vorgabewertes nach Block 42 (also gleich Null). Liegt hingegen ein „High Level“ am Schalteingang vor, so wird als Ausgangsgröße des zweiten Auswahlblocks 41 die dritte Korrekturmenge 39 ausgegeben. Der Ausgangswert des zweiten Auswahlblocks 41 wird ebenfalls dem Summierer 46 zugeführt.

10 Die Ausgangssignale der Abfragelogiken 43 und 49 werden zusätzlich einem Oder-Glied 51 zugeführt, das als Ausgangssignal einen „High Level“ aufweist, sofern ein Ausgangssignal der Abfragelogiken 43 und 49 ebenfalls ein „High Signal“ aufweist. Liegen am Eingang des Oder-Gliedes 51 nur „Low Signale“ an, liefert auch der Ausgang des Oder-Gliedes 51 nur ein „Low Signal“.

15 Das Ausgangssignal des Summierers 46 wird einem dritten Auswahlblock 47 zugeführt, dem als weiterer Eingangswert ein dritter Vorgabewert 48 zugeführt wird, der in diesem Ausführungsbeispiel zu Null gesetzt wird. Dem Schalteingang des dritten Auswahlblocks 47 wird das Ausgangssignal des Oder-Gliedes 51 zugeführt. Die Grundstellung des dritten Auswahlgliedes 47 (bei einem „Low Level“ Signal am Schalteingang) liefert als Ausgangswert des dritten Auswahlgliedes 47 das Signal des dritten Vorgabewertes nach Block 48 (also gleich Null). Liegt hingegen ein „High Level“ am Schalteingang vor, so  
20 wird als Ausgangsgröße des dritten Auswahlblocks 47 der Ausgangswert des Summierers 46 ausgegeben.

25 Das Ausgangssignal des dritten Auswahlblocks 47 wird einem Ausgangssignalblock 52 zugeführt und stellt die gesuchte Wellenkorrekturmenge dar, die in der Ausführung nach Fig. 1 Verwendung findet.

30 Fig. 3 zeigt eine mögliche Erweiterung des ersten Ausführungsbeispiels nach Fig. 1. Bei modernen Dieseldieselmotoren, die ein Abgasnachbehandlungssystem aufweisen, kann es vorkommen, dass die Ansteuerdauer und insbesondere der Ansteuerbeginn momentenneutral verändert werden. Dies kann prinzipiell bei allen zuvor beschriebenen Einspritzarten vorkommen. In diesen Fällen machen der Ansteuerbeginn und die Ansteuerdauer der Kraftstoffeinspritzung keine eindeutige Aussage über das erzeugte Drehmoment. Beispielsweise kann zur Regenerierung eines  
35 Abgasnachbehandlungssystems der Ansteuerbeginn der Haupteinspritzung von einigen Grad vor dem oberen Totpunkt nach einigen Grad nach dem oberen Totpunkt verschoben

werden. Diese Verschiebung des Ansteuerbeginns wird momentenneutral durchgeführt und hat lediglich eine höhere Verbrennungstemperatur zur Folge, die der Regenerierung des Abgasnachbehandlungssystems dient. In diesen Fällen ist es also nötig, die Wirksamkeit des Ansteuerbeginns und der Ansteuerdauer zu berücksichtigen. Hierzu dient das im Ausführungsbeispiel nach Fig. 3 beschriebene Verfahren. Hierbei wird der Ansteuerbeginn 60 einem Effektivitätskennfeld 61 zugeführt. Dieses Effektivitätskennfeld 61 muss individuell für jede verschiedene Einspritzart innerhalb des Motorsteuergeräts abgelegt sein. Der Ausgabewert des Effektivitätskennfelds ist ein Korrekturfaktor 62, mit dem die bestimmten Kraftstoffvolumen als Ausgangswerte der Blöcke 8, 9, 10, 12 und 13 nach Fig. 1 korrigiert werden können. Beispielsweise könnte die Haupteinspritzung um den Faktor 2 verlängert werden während wie bereits vorhergehend beschrieben, der Ansteuerbeginn von einigen Grad vor OT nach einigen Grad nach OT verschoben wird. Diese Veränderung der Haupteinspritzung wäre momentenneutral, so dass als Korrekturfaktor der Wert 0,5 verwendet werden müsste, da das doppelte Kraftstoffvolumen nur zum gleichen Drehmoment führt. Zusätzlich kann ein weiteres Effektivitätskennfeld für die Einspritzdauer oder auch ein kombiniertes Effektivitätskennfeld für Einspritzbeginn und Einspritzdauer verwendet werden.

Eine zusätzliche Erweiterung des erfindungsgemäßen Verfahrens sieht vor, dass eine Plausibilisierung der entsprechend des Ausführungsbeispiels nach Fig. 1 bestimmten Kraftstoffmasse erfolgt. Dies kann zum Beispiel durch die Verknüpfung eines Lambdasensorwertes mit dem Signal eines Heißfilmluftmassenmessers und einer Motordrehzahl unter Berücksichtigung der Abgasrückführrate erfolgen. Auf diese Weise lässt sich ein zweiter, unabhängiger Kraftstoffmassenwert bestimmen. Hierdurch kann ein in angemessenen Toleranzen genaue Aussage über die tatsächlich eingespritzte Kraftstoffmasse getroffen werden, so dass eine aus unabhängigen Größen gewonnene mittlere eingespritzte Kraftstoffmasse zur Plausibilisierung der aus den Ansteuerdaten gewonnen Kraftstoffmasse zur Verfügung steht.

Zusammenfassend steht durch das erfindungsgemäße Überwachungsverfahren eine Möglichkeit zur kontinuierlichen Momentenüberwachung im gesamten Drehzahlbereich der Brennkraftmaschine zur Verfügung. Hierdurch wird die Sicherheit des Gesamtsystems erhöht und eine bessere Fehlerreaktion gewährleistet.

Im Rahmen dieser Anmeldung wurde der Momentenvergleich an Hand von inneren Momenten der Brennkraftmaschine beschrieben. Gleichwohl kann die Erfindung für jedes mögliche Motormoment verwendet werden, sofern die Vergleichbarkeit der Momente gegeben ist.

Vorteilhaft erfolgt die Bestimmung der Eingangsdaten nach Fig. 1 drehzahlsynchron. Diese Bestimmung wird im (in den Figuren nicht gezeigten) Steuergerät der Brennkraftmaschine durchgeführt und ist nicht Gegenstand dieser Anmeldung.

Eine erfindungsgemäße Vorrichtung besteht aus einer Brennkraftmaschine mit einem Steuergerät, das in der Lage ist, das erfindungsgemäße Verfahren auszuführen.

Neben sogenannten Common-Rail-Systemen, bei denen der Druckaufbau von der Steuerung beginnt und am Ende der Kraftstoffzumessung getrennt sind, sind auch Systeme bekannt, bei denen der Druckaufbau und die Steuerung der Kraftstoffzumessung eng miteinander verbunden sind. Auch bei solchen Systemen ist eine erfindungsgemäße Überwachung der Steuereinrichtung erforderlich. Dies ist insbesondere bei sogenannten Pumpe-Düse-Systemen und/oder Pumpe-Leitungs-Düse-Systemen der Fall. Generell kann die beschriebene Vorgehensweise bei allen Kraftstoffzumesssystemen verwendet werden, bei denen der Beginn und/oder das Ende der Kraftstoffzumessung mittels eines Stellelements beeinflusst werden. Der Beginn der Ansteuerung dieses Stellelements legt in der Regel den Beginn der Kraftstoffzumessung, und das Ende der Ansteuerung legt das Ende der Kraftstoffzumessung fest. Den Abstand zwischen Beginn und Ende der Ansteuerung wiederum bestimmt die einzuspritzende Kraftstoffmenge.

In der Regel wird bei Pumpe-Düse-Systemen lediglich eine Haupteinspritzung, eine Voreinspritzung und eine Nacheinspritzung durchgeführt. Prinzipiell sind auch weitere Einspritzungen möglich. Im Folgenden wird die Vorgehensweise am Beispiel der ersten Piloteinspritzung und der zweiten Nacheinspritzung beschrieben. Erfindungsgemäß kann die Vorgehensweise auch auf die anderen Einspritzungen und/oder auf mehr oder weniger Teileinspritzungen übertragen werden.

Bei der im Vorgehenden beschriebenen Vorgehensweise, bei einem sogenannten Common-Rail-System, sind die wesentlichen Einflussgrößen die einzuspritzende Kraftstoffmenge, die Ansteuerdauer und der Raildruck. Diese Größen werden über

entsprechende Kennfelder berücksichtigt. Zusätzlich können auch weitere Größen wie beispielsweise die Drehzahl, die Kraftstoffdichte und/oder Temperatureinflüsse berücksichtigt werden. Im Gegensatz hierzu wurde erfindungsgemäß erkannt, dass die wesentlichen Einflussgrößen auf die Kraftstoffmenge bei einem sogenannten Pumpe-  
5 Düse-System bzw. einem Pumpe-Leitungs-Düse-System oder allgemein bei einem System, bei dem die Druckerzeugung nicht von der Kraftstoffzumessung entkoppelt ist, die Ansteuerdauer und der Ansteuerbeginn sind. Neben diesen Größen können zusätzlich noch die Drehzahl, die Temperatur und/oder die Dichte des Kraftstoffes berücksichtigt werden. Anstelle des Ansteuerbeginns können auch andere Größen, die den  
10 Ansteuerbeginn charakterisieren verwendet werden. Insbesondere kann ein Förderbeginnsignal verwendet werden.

Ausgehend von diesen Größen erfolgt die Vorgabe einer Kraftstoffmasse QKV, die auch als virtuelle Kraftstoffmasse bezeichnet wird. Ausgehend von dieser virtuellen  
15 Kraftstoffmasse QKV wird dann entsprechend, wie in Figur 1 dargestellt, von dem Momentenkennfeld 21 das Ist-Drehmoment bestimmt und ausgehend von diesem die Plausibilitätsabfrage durchgeführt.

Die Vorgehensweise ist in Figur 4 detaillierter dargestellt. Bereits in den früheren Figuren beschriebene Elemente sind mit entsprechenden Bezugszeichen bezeichnet. Neben der  
20 Drehzahl 22, der Ansteuerdauer für die Haupteinspritzung  $t_{i\_Main}$  für die erste Piloteinspritzung  $t_{i\_Pilot1}$  und die zweite Nacheinspritzung  $t_{i\_Post2}$  sind jeweils zusätzlich noch die entsprechenden Ansteuerbeginne erforderlich.

Der Ansteuerbeginn  $FB\_Main$  für die Haupteinspritzung ist mit 3B bezeichnet. Diese  
25 Größe wird neben der Drehzahl N und der Ansteuerdauer  $t_{i\_Main}$  der Haupteinspritzung einer ersten Massenberechnung 200 zugeleitet.

Der Ansteuerbeginn  $FB\_Pilot1$  der ersten Piloteinspritzung ist mit 7B bezeichnet. Der  
30 Ansteuerbeginn  $FB\_Pilot1$ , die Ansteuerdauer  $t_{i\_Pilot1}$  der ersten Piloteinspritzung und die Drehzahl werden einer zweiten Massenberechnung 210 zugeleitet.

Ein Ansteuerbeginn  $FB\_Post2$  einer zweiten Nacheinspritzung ist mit 2B bezeichnet und  
35 wird zusammen mit der Ansteuerdauer  $t_{i\_Post2}$  und der Drehzahl N einer dritten Massenberechnung 220 zugeleitet.



In der ersten, zweiten und/oder dritten Massenberechnung ist die entsprechende Kraftstoffmasse der entsprechenden Teileinspritzung abhängig von der Drehzahl, der Ansteuerdauer und dem jeweiligen Ansteuerbeginn abgelegt. Bei einer einfachen Ausgestaltung ist hierzu ein dreidimensionaler Kennraum vorgesehen. Ein solcher dreidimensionaler Kennraum kann beispielsweise durch mehrere zweidimensionale Kennfelder und/oder Kennlinien realisiert sein. Des Weiteren ist es möglich, bei einer Ausführungsform vorzusehen, dass anstelle eines Kennraums eine Berechnung mittels geeigneter Funktionen ausgehend von den beschriebenen Eingangsgrößen erfolgt. Dabei kann der Kennraum vorzugsweise durch ein Polynom  $n_{\text{ten}}$  Grades angenähert werden.

Das Ausgangssignal der zweiten Massenbestimmung 210 gelangt zum Einen zu einer ersten Massenkorrektur 215 und zu einem Verknüpfungspunkt 217. Entsprechend gelangt das Ausgangssignal der dritten Massenbestimmung zu einer zweiten Massenkorrektur 225 und zu einem zweiten Verknüpfungspunkt 227. In der ersten und zweiten Massenkorrektur 215 bzw. 225 ist jeweils ein Korrekturfaktor abgelegt, mit dem die Ausgangsgröße der zweiten Massenberechnung bzw. der dritten Massenberechnung derart korrigiert wird, dass das am Verknüpfungspunkt 217 bzw. am Verknüpfungspunkt 227 anstehende Massensignal der Kraftstoffmasse entspricht, die einen Beitrag zum Drehmoment liefert. Dies ist erforderlich, da die Kraftstoffmengen bei der Voreinspritzung und bei der Nacheinspritzung einen kleineren Wirkungsgrad besitzen als bei der Haupteinspritzung. Das bedeutet, um das gleiche Drehmoment aufzubringen, müssen bei der Vor- oder Nacheinspritzung gegenüber der Haupteinspritzung größere Kraftstoffmengen eingespritzt werden, um den gleichen Effekt zu erzielen. Dieser Effekt wird durch die Massenkorrekturen 215 und 225 berücksichtigt.

Des Weiteren kann vorgesehen sein, dass zur Abgasnachbehandlung zusätzlich Kraftstoff eingespritzt wird, der zur Konditionierung eines Abgasnachbehandlungssystems, wie beispielsweise eines Partikelfilters und/oder eines Oxidationskatalysators dient. Diese Kraftstoffmasse wird von der Abgaskorrektur 235 ermittelt.

In den Verknüpfungspunkten 218, 228 und 238 werden die einzelnen Ausgangssignale der ersten Massenbestimmung 200 des Verknüpfungspunktes 217, des Verknüpfungspunktes 227 und gegebenenfalls der Abgaskorrektur 225 aufsummiert. D. h. im Ausgang des Verknüpfungspunktes 238 steht eine sogenannte virtuelle

Kraftstoffmasse an, die der Kraftstoffmasse entspricht, die bei der Haupteinspritzung zugemessen sein müsste, um ein bestimmtes Drehmoment bereitzustellen.

5 Im Verknüpfungspunkt 248 wird das Ausgangssignal des Verknüpfungspunktes 238 mit dem Ausgangssignal TK einer Temperaturkorrektur 240 verknüpft. Der Temperaturkorrektur 240 wird ein Signal eines Temperatursensors 242 zugeführt. Neben diesem Signal können auch weitere Signale, wie beispielsweise das Drehzahlsignal N berücksichtigt werden. Ausgehend von der Temperatur wird ein Faktor bestimmt, der den Einfluss der Kraftstofftemperatur auf die Kraftstoffmasse berücksichtigt.

10 Alternativ zu der beschriebenen Vorgehensweise können auch die einzelnen Ausgangssignale der Massenberechnung entsprechend korrigiert werden. Dabei ist es möglich, dass unterschiedliche Korrekturfaktoren für die unterschiedlichen Teileinspritzungen verwendet werden.

15 Das so temperaturkorrigierte virtuelle Kraftstoffmassensignal wird dann entsprechend, wie in Figur 1, dem Momentenkennfeld 21 zugeleitet. Vorteilhaft ist diese Vorgehensweise, da mit entsprechenden Systemen, bei denen der Druckaufbau nicht von der Kraftstoffzumessung entkoppelt wird, die eingespritzte Kraftstoffmenge wesentlich  
20 vom Ansteuerbeginnwinkel abhängt. Diese Abhängigkeit ist bei Common-Rail-Systemen nicht gegeben. Dort ist lediglich das Moment, das von einer bestimmten Kraftstoffmenge erzeugt wird, vom Ansteuerbeginn abhängig. Die Abhängigkeit der Kraftstoffmasse vom Ansteuerbeginn bei nicht entkoppeltem System ist dabei deutlich größer.

25 Bei der in Figur 1 beschriebenen Vorgehensweise geht die Kraftstofftemperatur bei der Berechnung der Kraftstoffmasse, ausgehend von dem Volumen, in die Kraftstoffmasse ein. Dies wird in der Regel bei der Kraftstoffdichte berücksichtigt. Bei Pumpe-Düse-Systemen bzw. bei nicht entkoppelten Systemen hat die Kraftstofftemperatur einen erheblich größeren Einfluss und wird deshalb mittels eines separaten Korrekturfaktors  
30 berücksichtigt.

Besonders vorteilhaft bei dieser Vorgehensweise ist es, dass die verwendeten Kennfelder häufig auch zur Steuerung der Kraftstoffeinspritzung verwendet werden.

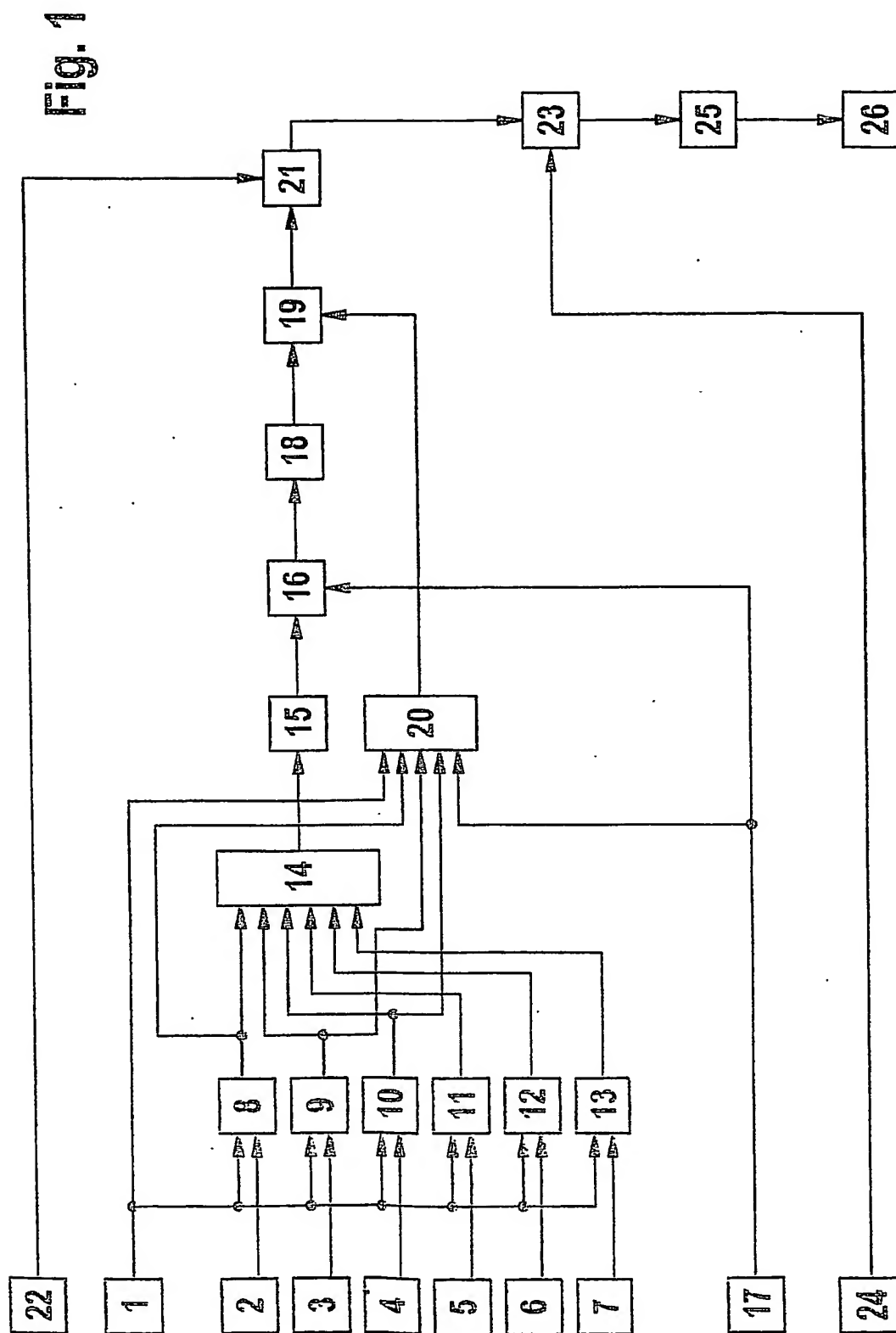
5

## 10 Ansprüche

1. Verfahren zum Überwachen einer Brennkraftmaschine, bei der Kraftstoff in  
wenigstens zwei Teileinspritzungen mittels wenigstens eines Stellelements direkt in  
wenigstens einen Brennraum eingespritzt wird, bei dem wenigstens auf Grundlage  
15 einer eingespritzten und/oder einer einzuspritzenden Kraftstoffmasse ein  
Istdrehmoment der Brennkraftmaschine bestimmt wird, wobei dieses Istdrehmoment  
mit einem zulässigen Drehmoment der Brennkraftmaschine verglichen wird und eine  
Fehlerreaktion eingeleitet wird, wenn das Istdrehmoment in einem vorgegebenen  
Verhältnis zum zulässigen Drehmoment steht, dadurch gekennzeichnet, dass bei  
20 einer Bestimmung der eingespritzten und/oder der einzuspritzenden Kraftstoffmasse  
ein Gesamtkraftstoffvolumen der Teileinspritzungen berücksichtigt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass ein Kraftstoffvolumen  
einer Teileinspritzung wenigstens auf Basis einer Ansteuerdauer des betreffenden  
25 Stellelements und eines auf den Kraftstoff einwirkenden Druckes bestimmt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass ein Kraftstoffvolumen  
einer Teileinspritzung wenigstens auf Basis einer Ansteuerdauer des betreffenden  
Stellelements und eines den Ansteuerbeginn charakterisierenden Größe bestimmt  
30 wird.
4. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass ein  
Gesamtkraftstoffvolumen eines Verbrennungszyklus aus der Summe der  
Kraftstoffvolumen aller Teileinspritzungen ermittelt wird.

35

5. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass aus dem Gesamtkraftstoffvolumen mittels einer Kraftstoffdichte ( $\rho$ ) eine Kraftstoffmasse bestimmt wird.
- 5 6. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Kraftstoffmasse mit einer Wellenkorrekturmasse zu einer korrigierten Kraftstoffmasse verknüpft wird.
7. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens auf Basis der korrigierten Kraftstoffmasse und einer Drehzahl ( $n$ ) der Brennkraftmaschine ein  
10 Drehmoment der Brennkraftmaschine bestimmt wird (21).
8. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass das bestimmte Drehmoment der Brennkraftmaschine mit einem Wirkungsgradkorrekturfaktor zu einem korrigierten Drehmoment der Brennkraftmaschine verknüpft wird.
- 15 9. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Wellenkorrekturmasse wenigstens auf Basis von Kraftstoffvolumen der Teileinspritzungen und des auf den Kraftstoff einwirkenden Druckes bestimmt wird.
- 20 10. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Fehlerreaktion eingeleitet wird, wenn das Istdrehmoment größer als das zulässige Drehmoment ist.
11. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass das bestimmte Kraftstoffvolumen in Abhängigkeit von einem Ansteuerbeginn des entsprechenden  
25 Stellelements korrigiert wird.
12. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass zur Korrektur ein Korrekturfaktor aus einem vom Ansteuerbeginn abhängigen Einspritzeffizienzkennfeld entnommen wird.
- 30 13. Verwendung des Verfahrens nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche zur Überwachung einer direkteinspritzenden Dieselmotorkraftmaschine.
14. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem oder mehreren der  
35 Ansprüche 1 bis 13.



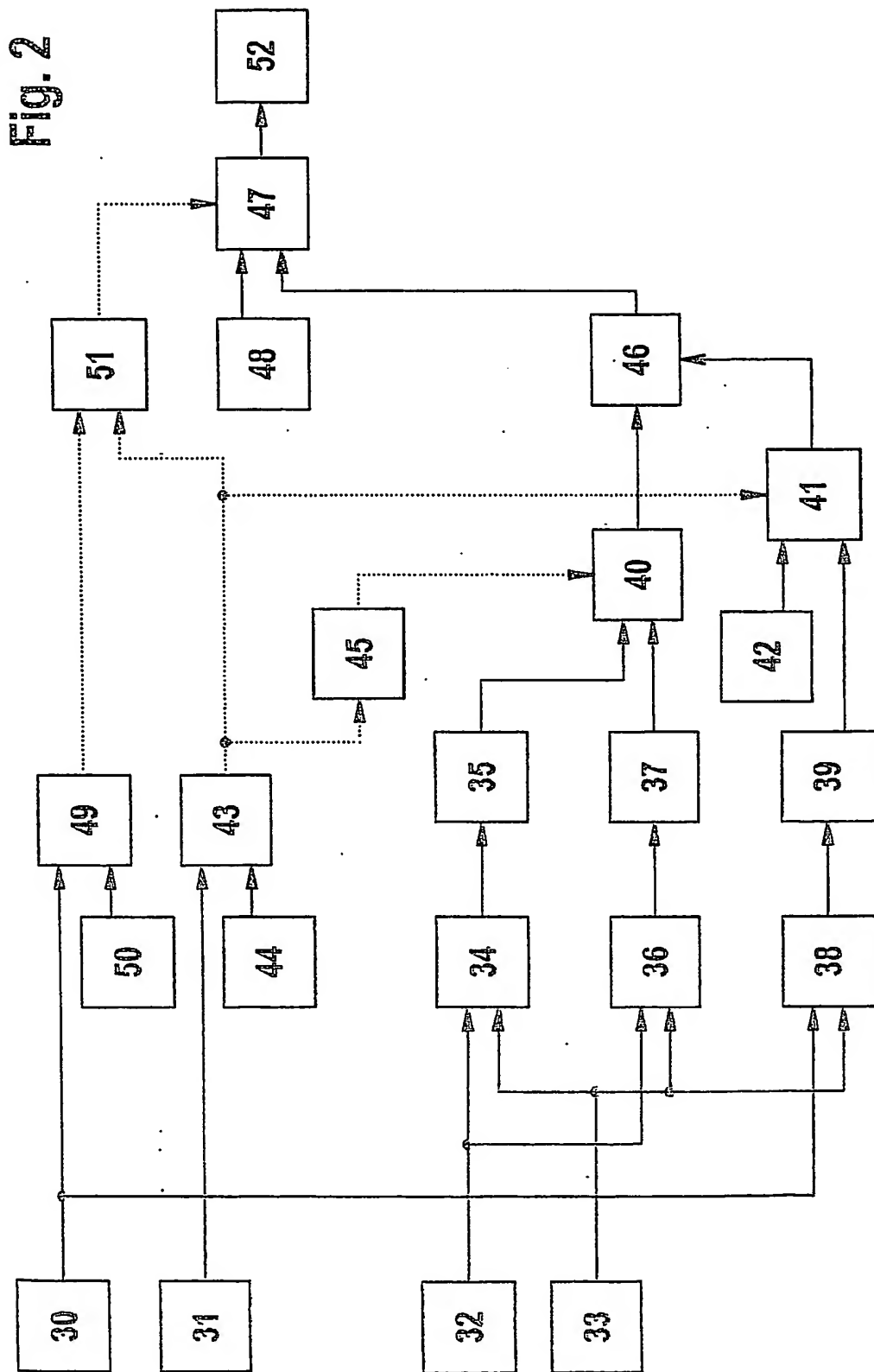
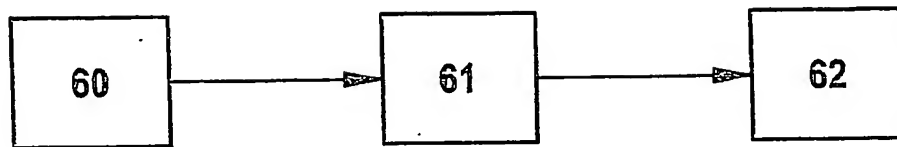


Fig. 3



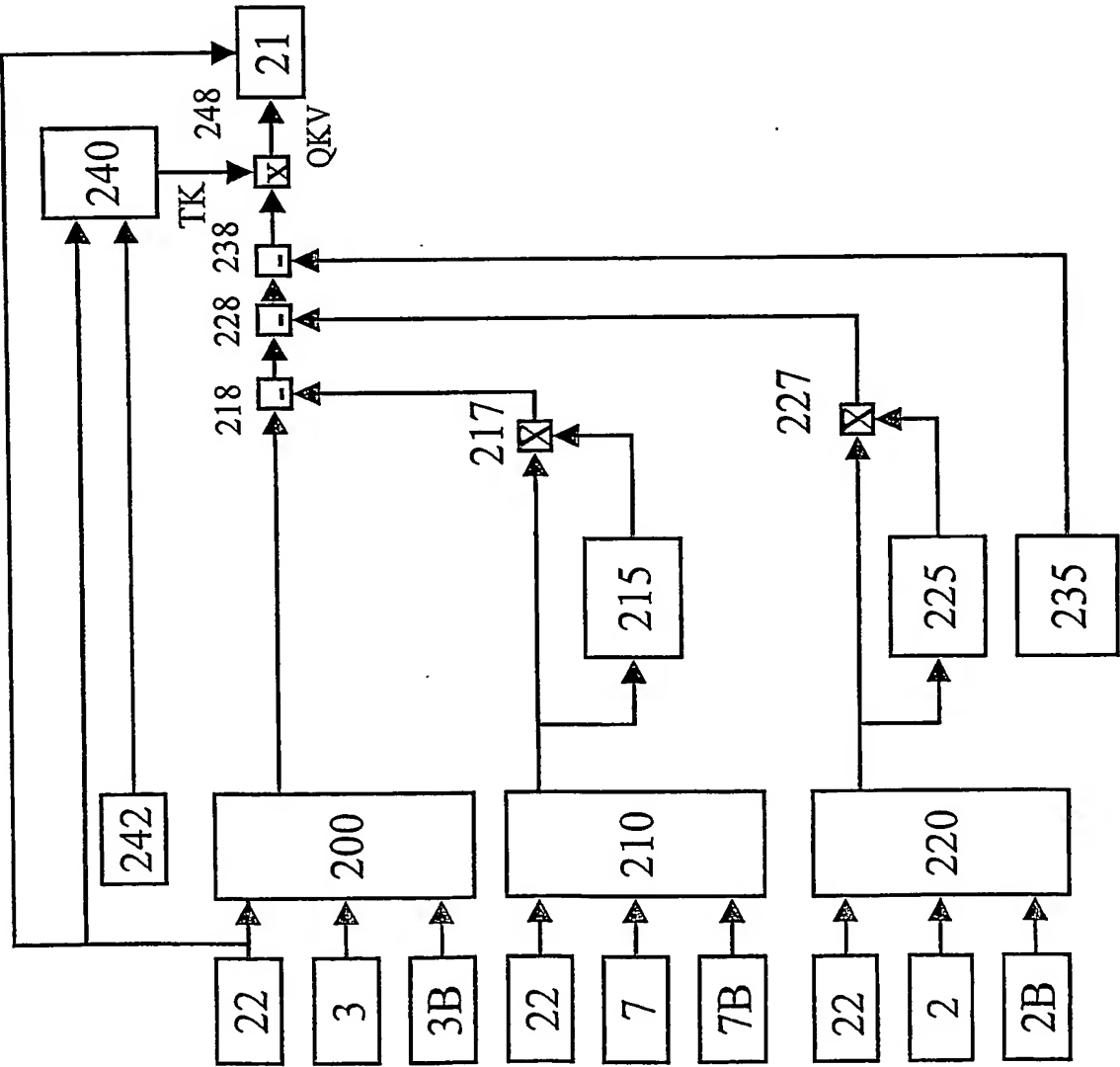


Fig. 4



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.

PCT/DE/00986

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
 IPC 7 F02D41/40 F02D41/22

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
 IPC 7 F02D

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the International search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, PAJ, WPI Data

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 02 12698 A (BOSCH GMBH ROBERT ;SCHUBERT PETER (DE); WAGNER HORST (DE)) 14 February 2002 (2002-02-14) abstract page 5, line 5 -page 10, line 11 figures 2,3	1,3,10, 12-14
Y	---	2,4-9,11
Y	DE 199 00 740 A (BOSCH GMBH ROBERT) 13 July 2000 (2000-07-13) cited in the application column 2, line 11 - line 59 claims 1-5; figures 2,3	2,4-9,11
A	EP 1 103 711 A (VOLKSWAGENWERK AG) 30 May 2001 (2001-05-30) the whole document ---	1-14
	--- -/--	

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

## \* Special categories of cited documents :

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the International filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the International filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the International filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- \*&\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the International search

23 July 2003

Date of mailing of the International search report

04/08/2003

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
 NL - 2280 HV Rijswijk  
 Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
 Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Libeaut, L

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.

PCT/DE 00986

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	DE 101 23 035 A (BOSCH GMBH ROBERT) 31 January 2002 (2002-01-31) cited in the application the whole document ---	1-14
A	WO 00 73642 A (DETROIT DIESEL CORP) 7 December 2000 (2000-12-07) the whole document ---	1-14
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 2000, no. 24, 11 May 2001 (2001-05-11) & JP 2001 193537 A (TOYOTA MOTOR CORP), 17 July 2001 (2001-07-17) abstract ---	1-14
P, A	DE 102 18 552 A (DENSO CORP) 31 October 2002 (2002-10-31) -----	

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Search No

PCT/D/03/00986

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 0212698	A	14-02-2002	DE 10038340 A1 WO 0212698 A1 EP 1309781 A1 US 2003037766 A1	14-02-2002 14-02-2002 14-05-2003 27-02-2003
DE 19900740	A	13-07-2000	DE 19900740 A1 WO 0042307 A1 EP 1062417 A1 JP 2002535533 T US 6386180 B1	13-07-2000 20-07-2000 27-12-2000 22-10-2002 14-05-2002
EP 1103711	A	30-05-2001	DE 19957200 A1 EP 1103711 A2	31-05-2001 30-05-2001
DE 10123035	A	31-01-2002	DE 10123035 A1 WO 0206655 A1 EP 1303693 A1 US 2003029415 A1	31-01-2002 24-01-2002 23-04-2003 13-02-2003
WO 0073642	A	07-12-2000	US 6516782 B1 AU 4694000 A WO 0073642 A2	11-02-2003 18-12-2000 07-12-2000
JP 2001193537	A	17-07-2001	NONE	
DE 10218552	A	31-10-2002	JP 2002327637 A DE 10218552 A1	15-11-2002 31-10-2002

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
IPK 7 F02D41/40 F02D41/22

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)  
IPK 7 F02D

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der Internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, PAJ, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	WO 02 12698 A (BOSCH GMBH ROBERT ;SCHUBERT PETER (DE); WAGNER HORST (DE)) 14. Februar 2002 (2002-02-14) Zusammenfassung Seite 5, Zeile 5 -Seite 10, Zeile 11 Abbildungen 2,3	1,3,10, 12-14
Y	---	2,4-9,11
Y	DE 199 00 740 A (BOSCH GMBH ROBERT) 13. Juli 2000 (2000-07-13) in der Anmeldung erwähnt Spalte 2, Zeile 11 - Zeile 59 Ansprüche 1-5; Abbildungen 2,3	2,4-9,11
A	EP 1 103 711 A (VOLKSWAGENWERK AG) 30. Mai 2001 (2001-05-30) das ganze Dokument	1-14
	---	
	-/--	

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

\*A\* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

\*E\* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

\*L\* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

\*O\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

\*P\* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

\*T\* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

\*X\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

\*Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

\*G\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der Internationalen Recherche

23. Juli 2003

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

04/08/2003

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde  
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Libeaut, L

## C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	DE 101 23 035 A (BOSCH GMBH ROBERT) 31. Januar 2002 (2002-01-31) in der Anmeldung erwähnt das ganze Dokument ---	1-14
A	WO 00 73642 A (DETROIT DIESEL CORP) 7. Dezember 2000 (2000-12-07) das ganze Dokument ---	1-14
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 2000, no. 24, 11. Mai 2001 (2001-05-11) & JP 2001 193537 A (TOYOTA MOTOR CORP), 17. Juli 2001 (2001-07-17) Zusammenfassung ---	1-14
P,A	DE 102 18 552 A (DENSO CORP) 31. Oktober 2002 (2002-10-31) -----	

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die ... Patentfamilie gehören

Internationales

zeichen

PCT/DE

00986

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 0212698 A	14-02-2002	DE 10038340 A1 WO 0212698 A1 EP 1309781 A1 US 2003037766 A1	14-02-2002 14-02-2002 14-05-2003 27-02-2003
DE 19900740 A	13-07-2000	DE 19900740 A1 WO 0042307 A1 EP 1062417 A1 JP 2002535533 T US 6386180 B1	13-07-2000 20-07-2000 27-12-2000 22-10-2002 14-05-2002
EP 1103711 A	30-05-2001	DE 19957200 A1 EP 1103711 A2	31-05-2001 30-05-2001
DE 10123035 A	31-01-2002	DE 10123035 A1 WO 0206655 A1 EP 1303693 A1 US 2003029415 A1	31-01-2002 24-01-2002 23-04-2003 13-02-2003
WO 0073642 A	07-12-2000	US 6516782 B1 AU 4694000 A WO 0073642 A2	11-02-2003 18-12-2000 07-12-2000
JP 2001193537 A	17-07-2001	KEINE	
DE 10218552 A	31-10-2002	JP 2002327637 A DE 10218552 A1	15-11-2002 31-10-2002